动 物 学 研 究 2009，Dec. 30(6):662-670 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research DOI：10.3724/SP.J.1141.2009.06662

云南省双团棘胸蛙的地理分布

陈明勇[1,2]，叶 辉[1,*]

（1. 云南大学 生命科学学院，云南 昆明 650091； 2. 西双版纳国家级自然保护区科研所，云南 景洪 666100）

摘要：对云南省 84 个县（市）双团棘胸蛙（*Paa yunnanensis*）地理分布进行了全面调查。基于历史记录与本次调查结果，采用地理信息系统，制作了云南双团棘胸蛙地理分布图。结果表明，双团棘胸蛙在云南广泛分布于迪庆州以外的 15 个州（市）71 个县（市），分布海拔为 1400～2 600 m，年平均气温为 11.54～18.50℃。根据双团棘胸蛙分布受海拔和年平均气温限制的特点，采用 DIVA-GIS 5.2 软件，得到云南省双团棘胸蛙可能分布区图。该图可以预测双团棘胸蛙在云南的潜在地理分布，为在云南对该物种的深入研究和有效保护提供了基础数据。

关键词：双团棘胸蛙；地理分布；地理信息系统；云南省
中图分类号：Q959.53；Q959.5308 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853-(2009)06-0662-09

An Investigation on Geographic Distribution of *Paa yunnanensis* in Yunnan Province

CHEN Ming-yong[1,2]，YE Hui [1,*]

（1. School of Life Science，Yunnan University，Kunming Yunnan 650091，China；
2. Institute of Xishuangbanna National Nature Reserve，Jinghong Yunnan 666100，China）

Abstract: A complete survey on geographic distribution of *Paa yunnanensis* was conducted in 84 counties of Yunnan Province. The distribution of this species was mapped with GIS tools, based on both the data obtained from this sampling and derived from literatures. The result shows that *P. yunnanensis* is widespread in 71 counties of 15 prefectures, except Diqing prefecture of Yunnan Province. The altitudes and mean annual temperatures for *P. yunnanensis* distribution were recorded as 1400−2600 m and 11.54−18.50℃, respectively. Based on these features of *P. yunnanensis*, two possible distribution maps of the species were mapped through software DIVA-GIS 5.2. These maps may forecast the potential distribution of *P. yunanensis* in Yunnan, providing basic data necessary for further study and protection of *P. yunnanensis*.

Keywords: *Paa yunnanensis*; Geographic distribution; GIS; Yunnan Province

双团棘胸蛙（*Paa yunnanensis* Anderson）属两栖纲（Amphibia）蛙科（Ranidae）棘蛙属（*Paa*），属于易危动物（Zhao，1998），也是我国西南山区重要的经济两栖类动物，长期受到广泛关注和多方研究（Liu & Hu，1961；Zhao & Yang，1997；Fei，1999；Yang & Rao，2008）。这些研究涉及形态学、细胞学等多个方面，取得了积极进展（Liu & Zan，1984; Wu & Zhao，1984; Yang，1991; Zhao & Yang，1997；Fei，1999；Li & Hu，1999；Hu et al，2002；Li，2007；Yan & Rao，2008）。历史文献中双团棘胸蛙在云南分布最西部的记录为最早的模式产地——德宏陇川户撒（Liu & Hu，1961），最东部为近来记录到的文山老君山(Yang et al，2008)，南至西双版纳景洪(Yang，1991; Yang，1993; Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008)，北达昭通永善(Den et al，1992)。

地理分布是认识物种分布现状、起源、进化、迁移及保护的重要方面。历史上有关双团棘胸蛙在云南分布的记录较为分散，且缺乏系统整理研究（表 1）。本研究首次在云南全省范围内，对双团棘

收稿日期：2009-05-05；接受日期：2009-08-30
基金项目：云南省技术创新人才培养计划项目(2005PY02-32)
*通讯作者（Corresponding author），E-mail: yehuikunming@gmail.com
第一作者简介：陈明勇（1967－），男，博士研究生，高级工程师。研究方向：动物生态学、保护生物学。E-mail:mychen1108@yahoo.com.cn

胸蛙地理分布进行了系统调查，并基于地理信息系统（GIS）对其分布规律进行了研究，全面揭示了双团棘胸蛙在云南的地理分布现状及基本规律，为深入揭示该物种的起源、进化、迁移规律提供重要基础数据。

1　研究区概况

云南省位于中国西南边陲，北纬 21.09º～29.19º，东经 97.39º～106.12º，总面积约 39.4 万km^2，西北与西藏、北与四川、东北与贵州、东南与广西山水相连，其南部分别与越南、老挝、缅甸三国接壤。地形以高原为主体，西部为纵贯的横断山脉地区，东北部为云贵高原的西半部，从西北向东南地势由高向低倾斜，南北之间高差悬殊。著名的山脉有梅里雪山、白马雪山、哈巴雪山、玉龙雪山、高黎贡山、怒山山脉、云岭、无量山、哀牢山等。平均海拔 2 000 m左右，最高点为梅里雪山的卡瓦格博峰，海拔 6 740 m，最低点在河口县南溪河与红河交汇处，海拔仅 76.4 m。境内河流可分为两大水系，即印度洋水系和太平洋水系。印度洋水系包括独龙河、大盈江、陇川江和怒江，太平洋水系包括澜沧江、金沙江、元江、南盘江（Yang，1990），江河顺地势呈扇形分别向东、东南、南流去。该区域由于地理跨度宽、海拔相差大、地形复杂，各地区气候差异显著：西部高原的气候主要受青藏高原冷气流控制，而中部和南部地区主要受西南季风影响，从南到北有北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、中温带和高原气候带（北温带）等 6 种气候类型。植被类型多种多样，从热带雨林到高山苔原均有分布。年平均气温差异较大，最冷的迪庆东部为−1.1℃，最热为元江河谷地带，年均温达 30 ℃以上；年降雨量 400～2 400 mm，各地差异也较大。

2　研究方法

2.1　调查点设置及标本采集

根据双团棘胸蛙分布点的历史记录，以县（市）为单位，在云南全部 16 个州（市）范围内设置 84 个调查点（表 1），其中，文献记载有双团棘胸蛙分布的样点 42 个，新增调查点 42 个，根据双团棘胸蛙主要在夜间溪流边活动的特点，设点区域选择适宜双团棘胸蛙生活的栖息地，获得标本即视为当地有该蛙分布。标本采集于 2007 年 4 月至 2008 年 11 月，于当地时间 21:00—23:00 借助手电筒定位进行。获得的标本保存于 90%以上酒精中，随即加以固定、整形并编号。调查时采用 GPS（型号为 Garmin 72）和海拔表获取当地的经纬度及海拔等地理信息。

2.2　数据分析

本研究采用GIS软件DIVA-GIS（Version 5.2）进行数据叠加分析。DIVA-GIS 5.2是由美国加利福尼亚大学LizardTech研究所于2005年推出的、专为生物多样性数据制图和分析而设计的GIS软件包，可提供精度为10、5和2.5 m的全球气温和海拔数据，具有对全球的气象数据（年平均气温、月平均气温、极端气温等）进行叠加分析的功能。为使研究数据精确度高，本文选择精度最高的2.5 m气象和海拔数据，国界和省界数据采用国家基础地理信息数据库中提供的数据。将本次采集点和历史记录点的经纬度和海拔等数据导入DIVA-GIS 5.2软件中，加载海拔、年平均气温、国界、省界等数据进行叠加分析，绘制双团棘胸蛙分布现状图及潜在分布图，据图分析双团棘胸蛙在云南的分布现状及预测其可能的分布区。

3　结　果

3.1　地理分布

本研究标本采集基本信息见表 1。84 个调查点中，有双团棘胸蛙分布的点计 71 个，占总调查点的 84.52%，尚未确认其分布点有 13 个，占总调查点的 15.48%。

将表 1 中的全部 84 个调查点的地理信息数据在 DIVA5.2 软件中进行叠加，获得双团棘胸蛙分布图（图 1）。图中，已确认有分布的点 71 个。

从表 1 和图 1 可以看出，双团棘胸蛙在云南省大部分地区都有分布， 包括除迪庆州以外的 15 个州（市）的 71 个县（市）。纬度范围 21.90°～28.13°，经度为 98.04°～104.10°。最东的分布点为宣威（N26.22°，E104.10°），最西为陇川（N24.39°，E 98.04°），最南为勐海（N21.90°，E100.13°），最北为永善（N28.13°，E103.60°）。除 42 个历史记录点外，本次调查新增了石林县、陆良县、嵩明县、红塔区、澄江县、元谋县、永仁县、双柏县、禄丰县、沾益县、会泽县、马龙县、宣威县、祥云县、鹤庆县、剑川县、华坪县、永胜县、勐连县、澜沧县、西盟县、宁洱县、临翔区、云县、双江县、勐腊县、福贡县、南华和大姚等 29 个新分布县（区）。

表 1 双团棘胸蛙采集地信息数据
Tab. 1 Location data of *Paa yunnanensis*

本次采集点地理信息 Location data from collections						文献记录点地理信息 Location data from literatures			新记录点（√）New records
采集地点 Localities	纬度 Latitude（°）	经度 Longitude（°）	海拔 Altitude（m）	年均温 Annual mean temperature（°）	标本 Specimens No.（只）	分布地区 Distribution areas	海拔范围 Range of Altitudes（m）	数据来源（引用文献）Data source (Literatures Cited)	
昆明Kunming	25.09	102.79	1900	14.03	33	昆明	1500～2400	Liu et al，1960；Liu & Hu，1961；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
安宁Anning	24.58	102.39	1959	15.85	24	安宁	1500～2300	He et al，2002	
禄劝Luquan	26.05	102.43	2326	13.54	58	禄劝	1500～2300	He et al，2002	
寻甸Xundian	25.48	103.33	1892	15.32	22	寻甸	1500～2300	He et al，2002	
东川Dongchuan	25.84	103.12	1626	15.80	21	东川	—	Zhao，1994	
石林Shilin	24.82	103.32	1719	17.02	7	—	—	—	√
陆良Luliang	25.01	103.79	1982	15.80	21	—	—	—	√
嵩明Songming	25.29	102.97	2035	15.56	21	—	—	—	√
红塔Hongta	24.35	102.61	1702	17.80	18	—	—	—	√
易门Yimen	24.63	102.92	1767	16.39	28	易门	1800	Hu et al，2002	
新平Xinping	24.13	101.46	1835	16.39	42	新平	1500～2400	Liu & Hu，1961；Zhao & Yang，1997	
澄江Chengjiang	24.67	102.30	1802	14.15	17	—	—	—	√
武定Wuding	25.54	102.33	2082	13.50	31	武定	1500～2400	Liu & Hu，1961；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
元谋Yuanmou	25.71	101.67	1973	13.25	13	—	—	—	√
永仁Yongren	26.24	101.4	1674	15.85	39	—	—	—	√
双柏Shuangbai	25.24	102.08	2040	16.32	7	—	—	—	√
禄丰Lufeng	25.13	102.11	1780	16.68	35	—	—	—	√
金平Jinping	22.76	103.24	1883	15.18	12	金平	1500～2400	Yang，1991；Yang & Rao，2008	
石屏Shiping	23.77	102.39	1720	18.49	35	石屏	1500～2400	Yang，1991；Yang & Rao，2008	
绿春Luchun	22.97	102.38	1892	15.20	13	绿春	1500～2400	Yang，1991；Zhao & Yang，1997	
弥勒Mile	24.41	103.43	1900	18.31	51	弥勒	1500～2400	Yang，1991；Yang & Rao，2008	
巧家Qiaojia	27.04	102.95	1850	14.92	13	巧家	1500～2400	Hu et al，2005	
沾益Zhangyi	25.82	103.84	2026	14.25	10	—	—	—	√
会泽Huize	26.45	103.18	2109	12.64	22	—	—	—	√
马龙Malong	25.27	103.30	2025	15.26	16	—	—	—	√
宣威Xuanwei	26.39	104.10	2020	13.47	19	—	—	—	√
宾川Binchuan	25.81	100.44	1703	16.76	28	宾川	1500～2400	Liu et al，1960；Liu & Hu，1961；Zhao & Yang，1997	
洱源Eryuan	25.98	100.07	2075	14.00	16	邓川	1500～2400	Yang，1991；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
南涧Langjian	24.95	100.33	1898	15.28	23	南涧	1500～2400	He & Wang，1999	
祥云Xiangyun	25.49	100.65	2153	14.89	20	—	—	—	√

(续下表)

(接上表)

本次采集点地理信息 Location data from collections						文献记录点地理信息 Location data from literatures			新记录点（√）New records
采集地点 Localities	纬度 Latitude（°）	经度 Longitude（°）	海拔 Altitude（m）	年均温 Annual mean temperature（°）	标本 Specimens No.（只）	分布地区 Distribution areas	海拔范围 Range of Altitudes（m）	数据来源（引用文献） Data source (Literatures Cited)	
鹤庆Heqing	26.62	100.24	2228	14.45	21	—	—	—	√
漾濞Yangbi	25.78	99.94	1740	15.28	20	漾濞	1500～2400	Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
大理Dali	25.57	100.21	2040	14.68	4	大理	1500～2400	Liu et al，1960；Liu & Hu，1961；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
剑川Jianchuan	26.23	99.50	2198	13.98	16	—	—	—	√
腾冲Tengchong	25.53	98.66	1600	15.70	19	腾冲	1500～2400	Yang et al，1983；Yang，1991；Wu，1992；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
龙陵Longling	24.64	98.71	1512	16.60	1	龙陵	1500～2400	Yang，1991；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
保山Baoshan	25.09	99.11	1828	13.87	30	保山	1500～2400	Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
华坪Huaping	26.90	101.23	1945	15.50	20	—	—	—	√
永胜Yongsheng	26.71	100.80	2570	13.70	22	—	—	—	√
玉龙Yulong	27.26	100.31	2156	14.79	24	丽江	1500～2400	Liu et al，1960；Liu & Hu，1961；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
宁蒗Ninglang	27.74	100.76	2600	11.54	16	宁蒗	1500～2400	Zhao & Yang，1997	
孟连Menglian	22.16	99.41	1525	16.55	20	—	—	—	√
思茅Simo	22.89	100.96	1500	17.20	1	思茅	—	Zhang et al，2002	
澜沧Lancang	23.14	100.08	1520	18.23	22	—	—	—	√
西盟Ximeng	22.63	99.57	1682	17.24	2	—	—	—	√
墨江Mojiang	23.60	101.63	1400	17.43	50	墨江	1500～2400	Liu & Hu，1961；Zhao & Yang，1997	
景东	24.45	100.75	2080	16.68	41	景东	1500～2400	Liu et al，1960；Liu & Hu，1961；Yang，1991；Zhao & Yang，1997；He & Wang，1999；Yang & Rao，2008	
宁洱Ninger	22.98	101.13	1454	18.16	8	—	—	—	√
凤庆Fengqing	24.54	100.07	1500	14.38	21	凤庆	1500～2400	He & Wang，1999	
沧源Chanyuan	23.30	99.19	1850	14.80	3	沧源	1300	Liu & Zhang，1997	
云县Yunxiang	24.56	100.45	1672	17.29	29	—	—	—	√
双江Shuangjiang	23.65	99.83	1676	15.89	21	—	—	—	√
临翔Linxiang	23.70	100.07	1749	16.13	24	—	—	—	√

(续下表)

(接上表)

本次采集点地理信息 Location data from collections						文献记录点地理信息 Location data from literatures			新记录点（√）New records
采集地点 Localities	纬度 Latitude（°）	经度 Longitude（°）	海拔 Altitude（m）	年均温 Annual mean temperature（°）	标本 Specimens No.（只）	分布地区 Distribution areas	海拔范围 Range of Altitudes（m）	数据来源（引用文献） Data source (Literatures Cited)	
永德Yongde	24.18	99.71	2063	14.27	12	永德	1500～2400	Yang et al，1983；Zhao & Yang，1997；Hu et al，2002	
陇川Longchuan	24.39	98.04	1860	16.63	35	陇川	1500～2400	Yang et al，1983；Zhao & Yang，1997；Yang，1991；Yang & Rao，2008	
勐海Menghai	21.90	100.13	1800	16.35	20	勐海	1400～2200	Li et al，2005	
勐腊Mengla	22.15	101.55	1671	18.09	24	—	—	—	√
福贡Fugong	26.89	98.86	1677	16.82	2	—	—	—	√
景洪Jinghong	22.01	100.80	920	22.86	0	景洪	1500～2400	Yang，1991；Yang，1993；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008	
蒙自 Mengzi	23.37	103.39	1304	19.71	0	蒙自	1500～2400	Yang，1991；Yang & Rao，2008	
麒麟 Qilin	25.05	103.80	1836	15.87	0	曲靖	—	Liu & Zan，1984	
呈贡 Chenggong	24.90	102.80	1892	15.71	0	呈贡	—	Liu & Zan，1984	
永善 Yongshan	28.13	103.60	1242	13.01	0	永善	580～1640	Den et al，1992	
泸水 Lushui	25.85	98.85	1276	17.30	0	泸水	1500～2400	Zhao & Yang，1997；Wu，1992	
建水 Jiangshui	23.62	102.83	1314	19.96	0	建水	1300～1800	He & Liu，2000	
宜良 Yiliang	24.92	103.15	1547	17.84	0	宜良	1500～2300	He & Liu，2000	
晋宁 Jinning	24.67	102.60	1899	16.44	0	晋宁	1500～2300	He & Liu，2000	
景谷 Jinggu	23.41	100.75	1344	18.19	0	景谷	1500～2400	Li，2007；Yang & Rao，2008	
文山 Wenshan	23.32	103.95	1200	16.16	0	文山	1800～2000	Yang et al，2008	
南华 Nanhua	25.32	101.27	2077		39	—	—	—	√
大姚 Dayao	25.70	101.32	1870		21	—	—	—	√

—：文献中无记录；√：新记录点。（—:No recorded in literatures; √ New records.）

另有 13 个新增样点未采集到标本：丘北、砚山、瑞丽、潞西、盈江、水富、镇沅、屏边、云龙、兰坪、维西、香格里拉和德钦。

3.2　双团棘胸蛙的可能分布区域

3.2.1　基于海拔高程的潜在分布预测　本次调查中，双团棘胸蛙的分布海拔为 1400～2600 m（表 1），根据此特征，采用 DIVA-GIS 5.2 软件，设定海拔高程 1400～2 600 m 制作出海拔分布图（图 2）。图 2 表明，双团棘胸蛙的潜在分布区海拔范围为 1 400～2 600 m，分布区范围，包括云南省大部分地区。研究表明，双团棘胸蛙分布于海拔高于 2600 m 的迪庆州和怒江州北部，以及低于 1 400 m 的西双版纳州南部、文山州的东北部及一些干热河谷地区（如元江河谷等）的可能性较小。

3.2.2　基于年平均气温的潜在分布预测　通过 DIVA-GIS 5.2 软件，采用精度为 2.5 m 的气候数据查询，得到各采集点的年平均温度（表 1）。其中，年平均温度最低为宁蒗（11.54 ℃），最高为石屏（18.49 ℃），年平均气温区间为 11.54 ~18.49 ℃。基于 DIVA-GIS 5.2 设定年平均气温区间 11.54～18.49 ℃制作的年平均气温分布图（图 3）。图 3 可以看出，双团棘胸蛙的潜在分布区包括了云南省大部分地区。迪庆州和怒江州北部年平均气温低于 11.54 ℃，西双版纳州南部、文山州的东北部以及一些干热河谷（如元江河谷等）年平均气温高于 18.49 ℃，双团棘胸蛙在这些地区分布的可能性较小。

3.2.3　对预测的潜在分布区验证　2009 年 6—8 月，

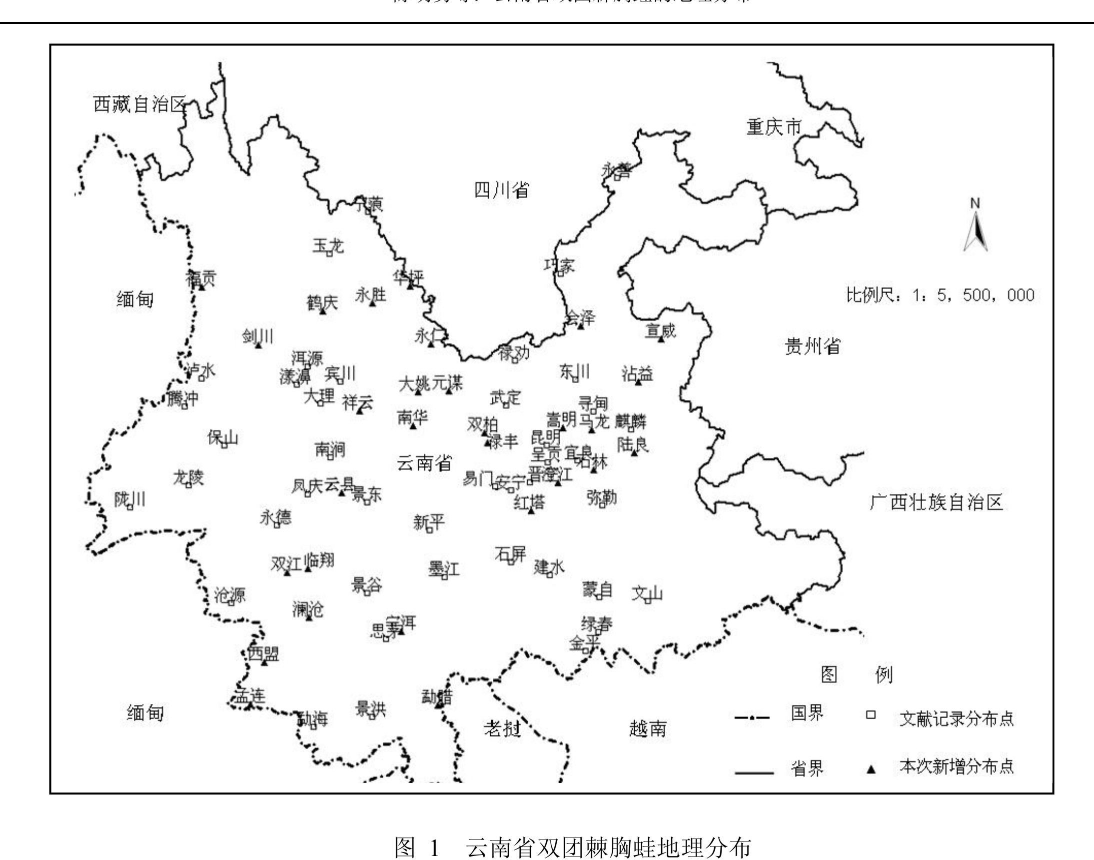


图 1　云南省双团棘胸蛙地理分布
Fig. 1　Geographic distribution of *Paa yunnanensis* in Yunnan province

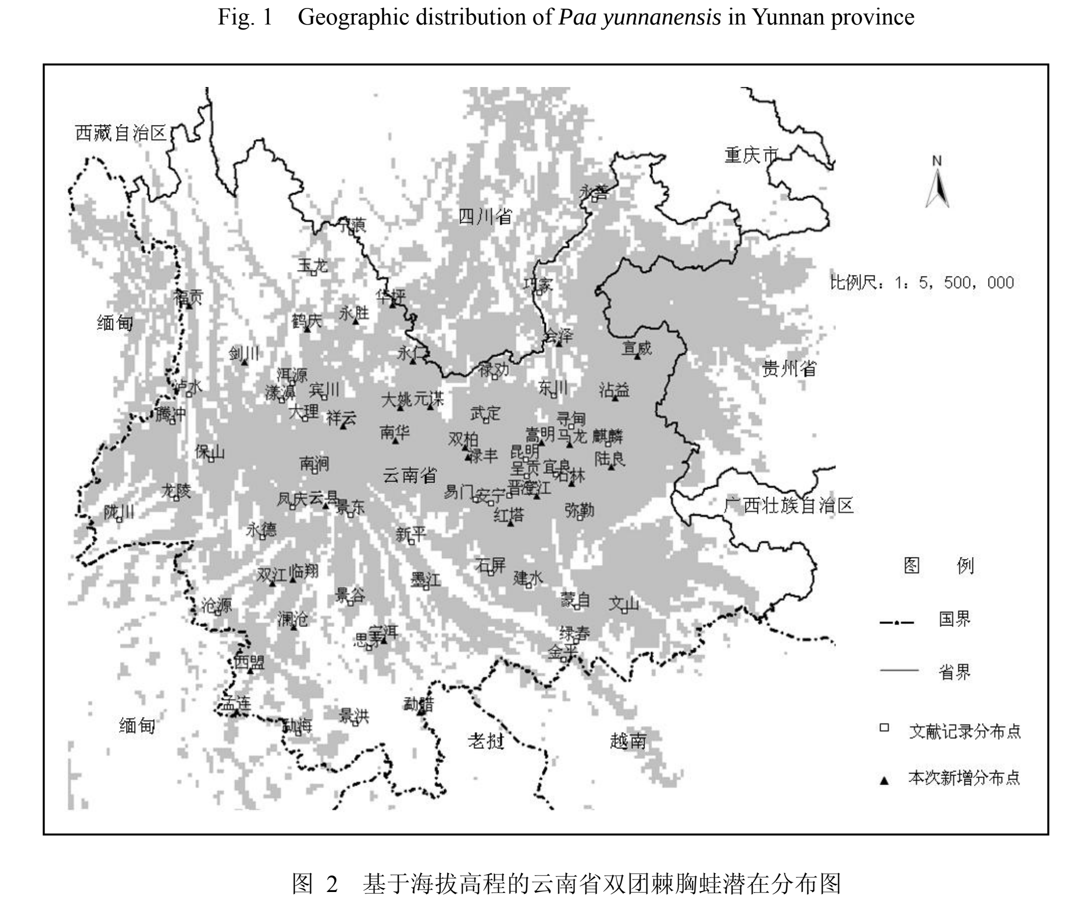


图 2　基于海拔高程的云南省双团棘胸蛙潜在分布图
Fig. 2　Potential distribution of *Paa yunnanensis* in Yunnan province based on elevation

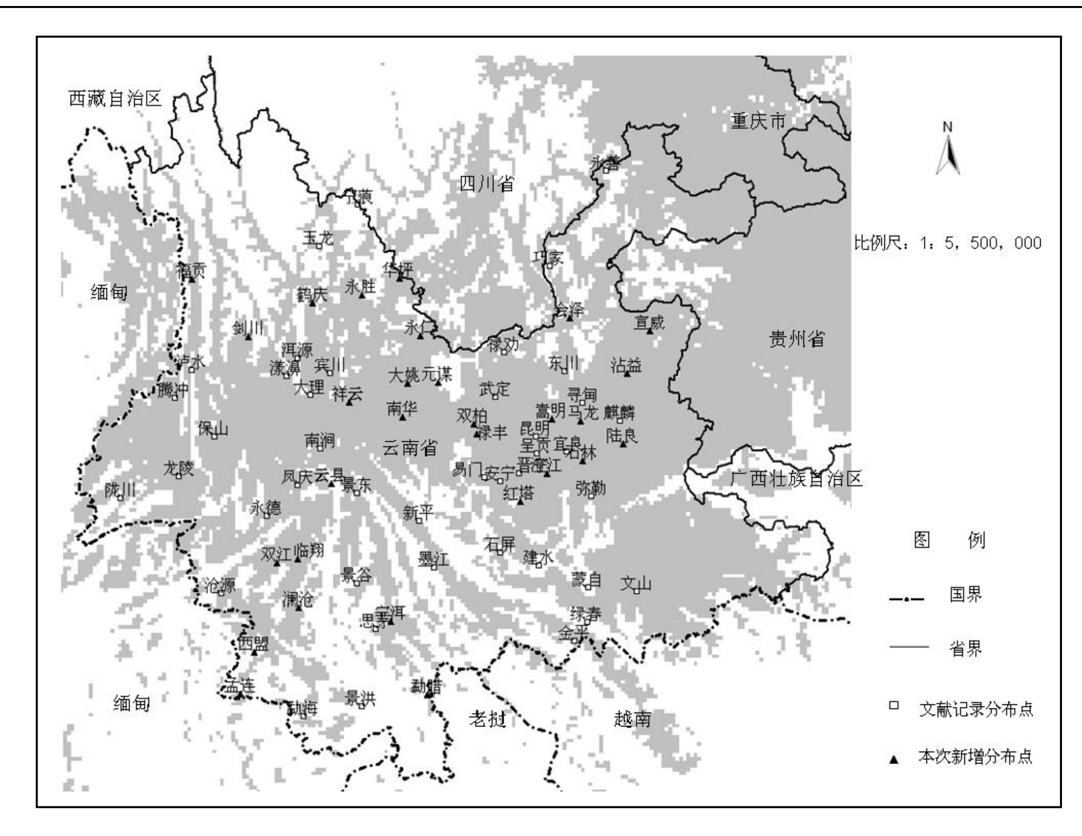


图 3 基于年平均气温的云南省双团棘胸蛙潜在分布图

Fig. 3 Potential distribution of *Paa yunnanensis* in Yunnan province based on annual mean temperature

我们在过去未报道过的、本文预测潜有分布的楚雄州南华、大姚两地进行了标本采集，在南华县龙川镇采集到双团棘胸蛙标本 39 只，确认南华县有双团棘胸蛙的分布；在大姚县的昙华山乡采集到了 21 只，确认大姚县有双团棘胸蛙的分布。对预测无分布的 2 600 m 以上的迪庆州香格里拉县和德钦县的多个地区进行了多次调查，均未采集到标本。对西双版纳州景洪市和勐腊县的 1 400 m 以下的多个地区进行了多次复查，也未采集到标本。验证采集结果与图 2、3 分析结果吻合。

4 讨 论

双团棘胸蛙为重要的经济两栖类动物，从全球范围来看，其地理分布相对狭窄，局限于云南、四川、贵州等我国西南地区（Liu & Hu，1961；Zhao，1997；Fei，1999）。横断山区为棘蛙类的分布和分化中心（Li & Hu，1999），而云南省是双团棘胸蛙的主要分布区之一（表 1）。过去，有关双团棘胸蛙在云南分布的报道，多为不同学者基于各自研究目的所形成的调查记录，缺乏系统性。本研究首次在云南全省范围内对双团棘胸蛙分布区开展针对性调查，较全面反映了目前双团棘胸蛙在云南境内的实际分布状况。

在云南境内双团棘胸蛙分布以云南中部地区为中心的遍及云南 2/3 以上国土范围内，分布区域较广。在云南东北方向上，Deng et al (1992)在永善采集到双团棘胸蛙标本，但本次调查在永善及其以北的水富进行了标本采集，未发现双团棘胸蛙。走访调查得知，当地有双团棘胸蛙，但数量较少。以此推断，永善及附近区域是双团棘胸蛙分布区的东北缘。宁蒗是历史记录双团棘胸蛙分布区在西北方向的最远端（Zhao & Yang，1997），本次也在该地采集到双团棘胸蛙标本。对宁蒗以北的香格里拉和德钦等地进行双团棘胸蛙采集，均未获得标本，当地人称该地未见过双团棘胸蛙，可以认为，宁蒗是双团棘胸蛙在云南分布区的西北缘。双团棘胸蛙最早的模式标本产于云南西部的陇川（户撒）（Liu & Hu,1961；Yang et al，1983；Yang，1991；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008），本研究在该地也采集到标本，同时还在陇川以西的瑞丽、盈江等地进行了标本采集，但没有获得双团棘胸蛙。因此，陇川仍然是该蛙分布的最西记录。文献记载的南界为景洪（Yang，1991；Yang，1993；Zhao & Yang，1997；Yang & Rao，2008），但本次调查在景洪的多个地

区均未采集到标本，其分布可能与纬度无关，但具体原因尚不清楚。本研究在景洪西南的勐海采集到标本，因此，目前其南界可以确定为勐海，较过去记录的纬度较低。在云南省东南部的文山州有双团棘胸蛙的采集记录（Yang et al，2008），本次对文山州的文山、砚山、丘北等地进行了调查，没有发现双团棘胸蛙。分析认为，可能是当地双团棘胸蛙的数量较少，难以捕获。综合历史记录和当地走访认为，文山是双团棘胸蛙分布区的东南缘。历史记录的东界为文山老君山(Yang et al，2008)，本次在其以东的宣威采集到标本，宣威为云南双团棘胸蛙分布区的新东界。

海拔高度被认为是制约两栖类地理分布的环境要素之一，海拔对两栖类动物的影响主要是通过温度的作用反映出来的。气温的变化与海拔高度呈负相关关系，随着海拔高度升高，年平均气温呈规则性递减，递减率为 0.5~0.6 ℃/100 m （Lin & Zhang，1985）。文献中记载的绝大多数海拔区间为 1 500～2 400 m 为主，仅 Deng et al（1992）曾经记载永善居群的分布海拔为 580～1 640 m，Liu & Zhang（1997）和 He et al（2002）也记载分布海拔为 1300 m，但没有更详细的采集点记录，无法查证。本研究采集地点最高海拔为德钦 3 580 m，最低海拔为水富（648 m），高差近 3 000 m，但采集到标本的最高海拔点为宁蒗（2 600 m），较历史记录的 2 400 m 高出 200 m；最低海拔为墨江（1 400 m），比文献记载 1500 m 低 100 m。 历史文献中未见有关于双团棘胸蛙与当地年平均气温的关系研究。由于云南省各地地形复杂，昼夜温差和季节温差均较大，年平均气温的变化幅度相对较小。因此，本研究将年平均气温作为影响其分布的限制条件进行分析与讨论，采集到标本的分布点的年平均区间为 11.54～18.49 ℃，其中宁蒗县泸沽湖为最低（11.54 ℃），石屏县为最高（18.49 ℃）。

将图 1、图 2 和图 3 进行对比研究可以看出，双团棘胸蛙的实际分布点全部都位于潜在分布区内，分别以海拔和年平均气温为限制因子获得的云南省双团棘胸蛙潜在分布分析图与实际调查结果一致。这一结果表明：海拔和年平均气温可能是影响双团棘胸蛙分布的主要限制因子。由此认为，采用海拔和年平均气温制作的潜在的分布区图均具有较高的可信度。本研究证实了云南双团棘胸蛙的地理分布主要受海拔和年平均气温的影响，确定了双团棘胸蛙在云南的主要分布海拔和年均温范围，认为双团棘胸蛙在云南目前的实际分布是它们对环境长期适应进化的结果。

云南为山区，高山深谷众多，特别是在云南西部地区，仅在一个行政县辖区范围内，海拔高差可以从 1 500 m 到 5 500 m 以上（Pan et al，2002）。因此，双团棘胸蛙南部和北部分布区域内，适宜双团棘胸蛙分布的栖息地是不连续的，受地形影响在局部区域呈斑块状（图 2，3）。这一地理特征势必影响到双团棘胸蛙的实际分布，导致双团棘胸蛙在其分布区的南部和北部形成相应的斑块状分布格局（图 2，3）。认识到这一点，对于进一步解释和分析双团棘胸蛙在云南分布区内分化、迁移规律是很重要。除了海拔和年平均气温以外，影响双团棘胸蛙的生存与繁衍的环境因子还包括植被、水体质量、食物资源等，进一步分析双团棘胸蛙的地理分布格局需要将这些因素加以综合考虑。

致谢：野外调查得到董永华、张家胜、郭光三位高级工程师、莫明忠工程师、自德福技师和李泽君博士等的大力支持；云南大学胡健生教授、中科院昆明动物研究所饶定齐副研究员协助鉴定部分标本；GIS 数据处理得到云南大学彭明春、王崇云两位副教授和刘晓飞博士的帮助，在此一并致谢！

参考文献：

Deng QX, Yu ZW, Wu Y. 1992. The survey of amphibian and reptilia in northeast of Yunnan province[J]. *J Sichuan Teach Colle : Natural Science*, **13**(3): 161-166. [邓其祥, 余志伟, 吴 毅. 1992. 云南省东北部两栖爬行动物调查. 四川师范学院学报:自然科学版:, **13**(3): 161-166.]

Fei L. 1999. Atlas of Amphibian of China[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press. [费 梁. 1999. 中国两栖动物图鉴. 郑州: 河南科学技术出版社.]

Fe L, Hu SQ, Ye CY. 2009. Huang YZ. Fauna Sinica: Amphibia:Vol. 2: Anura[M]. Beijing: Science Press. [费 梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 黄永昭. 2009. 中国动物志. 两栖纲(中卷): 无尾目. 北京: 科学出版社.]

He XR, Liu GC. 2000. Observations on amphibians and reptiles of Yanzidong area, Jianshui Co., Yunnan Province[J]. *Sichuan J Zool*, **19**(3): 127-130. [何晓瑞, 刘国才. 2000. 云南建水燕子洞地区两栖爬行动物的考察研究. 四川动物, **19**(3): 127-130.]

He XR, Wang ZZ. 1999. An investigation of amphibians nearby the river reservoir of Manwan hyoroelectric station on Lancang Jiang, Yunnan[J]. *Sichuan J Zool*, **18**(3): 119-123. [何晓瑞, 王忠泽. 1999. 澜沧江漫湾

电站水库地区两栖动物的考察研究. 四川动物, **18**(3): 119-123.]

He XR, Wang ZJ. 2002. Wu JL. 2002.Studies on biodiversity and conservation of amphibians in Kunming，Yunnan province[J]. *Sichuan J Zool*, **21**(3): 177-180. [何晓瑞, 王紫江, 吴金亮. 2002. 昆明地区两栖动物多样性及保护研究. 四川动物, **21**(3): 177-180.]

Hu JS, Fu SH, Zhou T. 2002. Analysis and comparison of the karyotypes of three allopatric Yunnan spiny frog populations in Yunnan province[J]. *Herpetol Sin*,(9): 141-145. [胡健生, 傅士华, 周 桐. 2002. 云南三个异域分布的双团棘胸蛙种群的核型比较研究. 两栖爬行动物学研究, (9): 141-145.]

Hu JS, Wu ZG, Jiang WG, Chen MY. 2005. A report on amphibians and reptiles of Yaoshang National Nature Reserve, Qiaojia County, Yunnan[J]. *Herpetol Sin*，(10): 57-62. [胡建生, 吴竹刚, 江望高, 陈明勇. 2005. 云南省药山国家级自然保护区两栖爬行动物. 两栖爬行动物学研究, (10): 57-62.]

Hu QX, Jiang YM, Zhao EM. 1985. Studies on the influence of the Hengduan Mountains on the evolution of the amphibians[J]. *Acta Herpetol Sin*, **4**(3): 225-233. [胡其雄, 江耀明, 赵尔宓. 1985. 横断山脉与两栖类进化的关系. 两栖爬行动物学报, **4**(3): 225-233.]

Kuang FL, Liu N, Feng ZS. 2007. Cluster analysis on geographical distribution of amphibians in Yunnan province[J]. *Sichuan J Zool*, **26**(2): 445-447. [邝粉良, 刘 宁, 冯子山. 2007. 云南省两栖动物地理分布格局的聚类分析. 四川动物, **26**(2): 445-447.]

Li BF. 2007. The fauna characteristics and animal resources of amphibian reptile in Weiyuanjiang Nature Reserv[J]. *Forest Inventory Planning*, **32**(4): 109-113. [栗冰峰. 2007. 威远江自然保护区两栖爬行类动物资源及区系特点. 林业调查规划, **32**(4): 109-113.]

Li SS. 2007. Cytotaxonomy of Amphibian in China[M]. Beijing: Science Press. [李树深. 2007. 中国两栖动物细胞分类学. 北京: 科学出版社.]

Li SS, Hu JS. 1999. The karyotype evolution and infraspecies variation of geographical population of anura genus of *Paa* from China[C]// China Zoological Society. Zoological Studies in China. Beijing:Chinese Forestry Publishing House, 976-982. [李树深, 胡健生. 1999. 中国棘蛙属染色体演化和核型的地理分化 中国动物学会. 中国动物科学研究. 北京: 中国林业出版社, 976-982.]

Li ZJ, Cao GH, Zhou F, Jiang WG, Hu JS. 2005. A report on amphibians and reptiles of Nabanhe National Nature Research in Yunnan[J]. *Acta Herpetol Sin*, (10): 68-75. [李泽君, 曹光宏, 周 峰, 江望高, 胡建生. 2005. 西双版纳纳板河国家级自然保护区两栖爬行动物考察报告. 两栖爬行动物学研究, (10): 68-75.]

Lin ZG, Zhang JC. 1985. The Climate of China[M]. X’ian: Shanxi People's Publishing House. [林之光, 张家诚. 1985. 中国的气候. 西安: 陕西人民出版社.]

Liu CC, Hu SC. 1961. Tailless Amphibians of China[M]. Beijing: Science Press. [刘承钊, 胡淑琴. 1961. 中国无尾两栖类. 北京: 科学出版社.]

Liu CC, Hu SQ, Yang FH. 1960. Amphibia of Yunnan collected in 1958[J]. *Acta Zool Sin*, **12**(2): 149-174. [刘承钊, 胡淑琴, 杨抚华. 1960. 1958年云南省两栖类调查报告. 动物学报, **12**(2): 149-174.]

Liu N, Zhang Q. 1997. Investigation and analysis on fauna of amphibian and reptile in Nangun River Preserve[J] *Yunnan Forest Sci Technol*, **81**(4): 71-75. [刘 宁, 张 庆. 1997. 南滚河自然保护区两栖爬行动物区系调查分析. 云南林业科技, **81**(4): 71-75.]

Liu WG, Zan RG. 1984. A special karyotype in the Genus Rana: An investigation of the karyotype, C-banding and Ag-stained NORs of *Rana phrynoides* Boulenger[J]. *J Genet Genom*, **11**(1): 61-64. [刘万国, 昝瑞光. 1984. 蛙属中的一个特殊核型——双团棘胸蛙的核型及其C-带和银带的研究. 遗传学报, **11**(1): 61-64.]

Pan XF, Zhou W, Zhou YW, Wu P, Zhang Q. 2002. Amphibian and Reptile in Zhongdian area of Northwest Yunnan[J]. *Sichuan J Zool*, **21**(2): 88-91. [潘晓赋, 周 伟, 周用武, 吴 飞, 张 庆. 2002. 滇西北中甸的两栖爬行动物. 四川动物, **21**(2): 88-91.]

Wu GF, Zhao EM. 1984. A rare karyotype of anurans，The karyotype of *Rana phrynoides*[J]. *Acta Herpetol Sin*, **3**(1): 29-32. [吴贯夫, 赵尔宓. 1984. 无尾两栖类中一种罕见的核型——双团棘胸蛙 *Rana phrynoides* 的染色体组型. 两栖爬行动物学报, **3**(1): 29-32.]

Wu JY. 1992. The analysis of amphibious reptile fauna in Gaoligong Mountains Reserve of Yunnan[J]. *Acta Herpetolo Sin*, (1,2): 88-95. [吴介云. 1992. 云南高黎贡山保护区两栖爬行动物区系分析.两栖爬行动物学研究, (1,2): 88-95.]

Yang DT, Su CY, Li SM. 1983. A study on amphibians and reptiles from the Hengduanshan Mountains of Yunnan[J]. *Acta Herpetol Sin*, **2**(3): 37-50. [杨大同, 苏承业, 利思敏. 1983. 云南横断山两栖爬行动物研究. 两栖爬行动物学报, **2**(3): 37-50.]

Yang DT. 1991. The Amphibia-fauna of Yunnan[M]. Beijing: China Forestry Publishing House. [杨大同. 1991. 云南两栖类志. 北京: 中国林业出版社.]

Yang DT, Rao DQ. 2008. Amphibia and Reptilia of Yunnan [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1-411. [杨大同, 饶定齐. 2008. 云南两栖爬行动物. 昆明: 云南科技出版社.]

Yang DH. 1993. Fauna of Xishuangbanna[M]. Kunming: Yunnan University Press. [杨德华. 1993. 西双版纳动物志. 昆明: 云南大学出版社.]

Yang YM, Tian K, He SJ. 2008. Studies of Wenshan National Nature Reserves in Yunnan[M]. Beijing: Science Press. [杨宇明, 田 昆, 和世均. 2008. 云南文山国家级自然保护区科学考察研究. 北京: 科学出版社.]

Zhang JB, Li BF, Rao DQ, Yu GQ, Yang SY. 2002. An inverstigation report of the amphibians and reptiles of Caiyanghe Nature Reserve of Yunnan Province, China[J]. *Yunnan Forest Sci Technol*, **99**(2): 51-55. [张俊波, 栗冰峰, 饶定齐, 喻庆国, 杨双云. 2002. 菜阳河自然保护区两栖爬行动物调查报告. 云南林业科技, **99**(2): 51-55.]

Zhao EM. 1994. Opinions on current amphibiological literatures[J]. *Sichuan J Zool*, **13**(2): 72-76.[赵尔宓. 1994. 对当前两栖动物学著作的刍见. 四川动物, **13**(2): 72-76.]

Zhao EM, Yang DT. 1997. The Series of the Scientific Expedition to the Hengduan Mountains，Qinghai-Xizang Plateau: Amphibians and Reptiles of the Hengduan Mountains Region[M]. Beijing: Science Press. [赵尔宓, 杨大同. 1997. 青藏高原横断山区科学考察丛书: 横断山区两栖爬行动物. 北京: 科学出版社.]

Zhao EM. 1998. China red Data Book for Endangered Animals: Vol. 2. Amphibia & Reptilia[M]. Beijing: Science Press. [赵尔宓. 1998. 中国濒危动物红皮书: 第二卷: 两栖类和爬行类. 北京: 科学出版社.]